

УДК 628.971

К. И. Иоффе

Харьковская национальная академия
городского хозяйства

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ВИДИМОГО СВЕТА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Введение.

Ежедневно человек подвергается действию солнечного света и света от искусственных источников с самой различной спектральной характеристикой и чрезвычайно обширным диапазоном интенсивности: от 100000 лк и более днем при прямом солнечном свете и до 0,2 лк ночью при свете луны. Долгое время считалось, что освещение нужно главным образом для того, чтобы видеть. Однако помимо зрения под действием света в организме осуществляются многие другие фотобиологические процессы. Важная регуляторная роль принадлежит видимому свету. Известно, что в пасмурные дни у многих людей возникает синдром «осенней грусти», сопровождающийся психической депрессией и даже приводящий иногда к самоубийствам. Экспериментально доказано, что подобную депрессию можно снять, если человека помещать на несколько часов в течение ряда дней подряд в ярко освещенную комнату [1].

С обнаружением в 2002 году нового фоторецептора появилась возможность более глубоко осмысления биологического эффекта, которое оказывает свет на организм человека. Спектральная чувствительность нового типа рецепторов, до конца еще не изученная, показывает что излучение синей области спектра оказывает больший эффект чем излучение с большей длинной волны.

В последнее время основные факторы, сопутствующие выполнению зрительных задач, такие как освещенность, яркость, слепимость, цветопередача и др. интенсивно исследовались и обсуждались в печати. Соответствующие результаты этих исследований и легли в основу существующих норм освещения. В то же время знаний о воздействии света на физиологию накоплено значительно меньше. Тем не менее результаты последних исследований показали как свет может влиять на самочувствие людей.

Об актуальности исследования влияния света на функционирование различных систем организма свидетельствует огромное количество публикаций по этой проблеме. Полученные в ходе этих исследований результаты представляют интерес для многих отраслей науки, в том числе и светотехники. Стремительный рост числа публикаций свидетельствует о том, что это направление исследований находится в стадии бурного развития. За несколько десятилетий экспериментальных исследований было выявлено несоответствие нормируемых характеристик световой среды при искусственном освещении реальным биологическим потребностям человеческого организма. Также показана необходимость увеличения искусственно создаваемой освещенности приблизительно в 7-10 раз по сравнению с уровнями освещенности, используемыми в настоящее время.

Развитие научных знаний о биологическом действии видимого света. В последние годы опубликовано много работ, посвященных различным аспектам

биологического действия электромагнитного излучения в различных диапазонах – от инфракрасных частот до видимого света.

Влияние освещения на зрение и его практические следствия были предметом исследования многих сотен лет. Более 150 лет исследователи полагали, что в глазу имеются фоторецепторы только двух видов: палочки и колбочки. В 2002г. Дэвид Берсон обнаружил в сетчатке млекопитающих новый тип фоторецепторов, который отвечает за биологическое воздействие света [2]. Чувствительность нового фоторецептора неодинакова к свету различных длин волн. Авторами [3] показано, что оптическое излучение в диапазоне $\Delta\lambda = 430-470$ нм оказывает прямое воздействие на образование в организме человека гормона усталости - «мелатонина».

Организм человека сформировался под воздействием 24-часового биоритма («циркадного ритма») с активной дневной фазой и фазой отдыха ночью. Свет синхронизирует повторяемость этого биоритма. Световые сигналы регулируют внутренние часы независимо от известных фоторецепторов (палочек и колбочек), благодаря которым видит человек. Г. Ван Бельд утверждает, действие видимого света зависит от уровня освещенности, спектральной чувствительности, продолжительности и времени суток [4]. Уровень освещенности порядка 1000-2000 лк на глаз в течение 3 часов может привести к фазовому сдвигу от 2 до 4 часов в зависимости от времени суток. Фазовый сдвиг биологических часов является функцией спектральной характеристики излучения.

Создание математической модели явлений синхронизации организма человека световыми воздействиями, позволило ученым ВНИСИ сделать выводы о том, что имеют значение лишь энергетические характеристики световых воздействий, время их начала и продолжительность [5]. В качестве нормируемой световой величины, обеспечивающей синхронизацию гипоталамических структур и организма в целом, целесообразно использовать экспозицию на зрачке глаза.

Если говорить об уровнях освещенности, то речь идет о количестве света попадающего в глаз наблюдателя. Освещенность следует измерять на глазах, а не как освещенность нормируемую на горизонтальных поверхностях в помещениях, нормируемую в настоящее время [6]. Высокие уровни освещенности на поверхностях внутри помещений или на предметах, которые редко попадают в поле зрения, не оказывают значительного биологического воздействия, а энергия света растрачивается.

При анализе множества противоречивых данных, полученных в ходе различных исследований воздействия видимого света на человеческий организм, возникают вопросы, которые требуют время для получения достаточно ясных и определенных ответов, для дальнейшей разработки практических рекомендаций. Действительно, свет дает информацию для работы зрительного аппарата, а осветительные установки создаются для обеспечения видности. Но, сегодня стало известно, что одновременно возникают другие биологические процессы, которые требуют нового подхода к созданию освещения при одновременном решении прежних задач.

Медицинский аспект воздействия видимого излучения на организм человека. В настоящее время изучению ответных реакций организма человека на световые воздействия уделяется большое внимание. Имеется большое количество исследований по использованию интенсивного белого света в лечении нарушений циркадных ритмов и депрессивных состояний. Тем не менее, в литературе недостаточно данных о влиянии видимого света на психофизиологическое состояние человека.

Достаточно давно известно лечебное действие света (светотерапия) при недостатке витамина Д в организме, кожных заболеваниях, а также при так называемых «сезонно-зависимых депрессиях». Известно также общее оздоравливающее влияние света на человека [7].

Терапия ярким белым светом занимает ведущее место среди применяемых немедикаментозных методов лечения депрессии и различных психических расстройств [8]. Существует целый ряд исследований в области медицины, фотобиологии, биохимии и хронобиологии, которые подтверждают тот факт, что видимый свет является эффективным регулятором биологических ритмов, а в некоторых случаях и терапевтическим фактором [1, 9-12].

Имеются данные о том, что свет может оказывать и негативное влияние на человека [5]. Так, действие излучения высокой интенсивности с длиной волны 380-500 нм вызывает в зрительном органе фотохимические процессы. Спектр действия эффекта так называемой «опасности голубого света» расположен довольно близко к функции циркадной эффективности. Этот факт указывает на необходимость учета мощности излучения и спектра ламп при оценке условий освещения. Так как «опасность голубого света» в настоящее время поддается расчетной оценке и зависит от уровня облученности в условиях общего освещения, ее легко учесть. Солнечный свет также опасен и в больших дозах наносит непоправимый вред.

Механизм незрительных реакций и процесс выработки мелатонина под действием света. Строение участка мозга, имеющего отношение к рассматриваемым процессам представлено на рис. 1 [4].

При попадании света в клетки-рецепторы начинается сложная химическая реакция (с участием фотопигмента меланопсина) с продуцированием электрических импульсов. Эти клетки имеют нервные связи с двумя образованиями в мозгу: супрахиазматическими клетками (SCN), являющимися биологическими часами мозга, и с шишковидной железой (эпифизом). Шишковидная железа регулирует секрецию определенных гормонов в организме.

В сетчатке глаза световые волны определенной длины волны превращаются в энергию нервного импульса. Эта энергия передается по зрительному нерву в верхнюю часть спинного и в затылочную долю головного мозга, где она не только запечатлевает увиденный образ, но и влияет также на основные центры управления организмом, расположенные в головном мозге. Считается, что эта энергия заставляет шишковидное тело вырабатывать мелатонин.

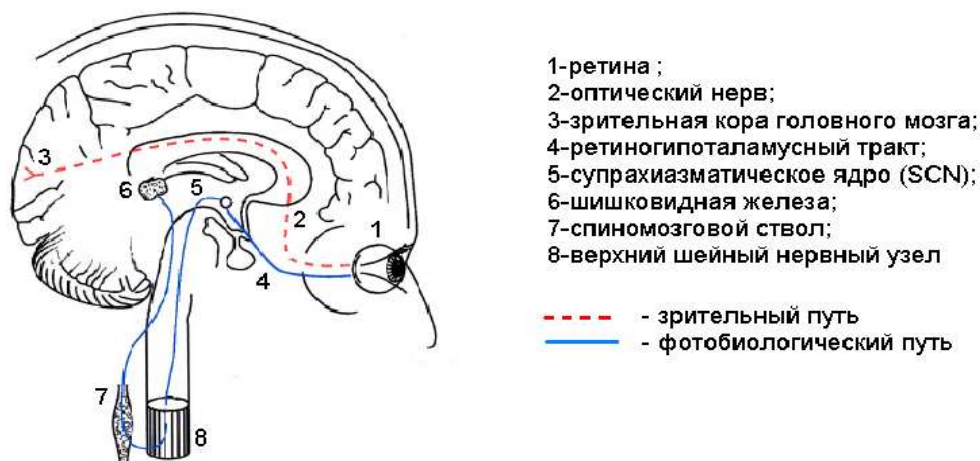


Рис. 1. Структуры мозга, обеспечивающие влияние света на функционирование различных систем организма [4]

Хотя действие мелатонина в организме не вполне ясно, опыты на животных дают основания полагать, что он усиливает функции таких стимулирующих жизнедеятель-

ность организма эндокринных желез, как гипофиз, надпочечники, половые железы и поджелудочная железа. Максимальное количество мелатонина вырабатывается ночью, пик активности приходится примерно на 2 часа ночи, а уже к 9 часам утра его содержание в крови падает до минимальных значений.

Солнечный свет является самым сильным фактором, подавляющим деятельность железы эпифиза по выработке мелатонина (в самом названии лежит греч. слово «тьма»). Действительно, этот гормон, который исполняет ритмо-задающую, анти-оксидантную (противовоспалительную) и иммунно-модуляторную функции, может вырабатываться только в темноте. Самые оптимальные для его производства условия — это длительный сон ночью в зимнее время. Именно в этих условиях мелатонин, который призван обеспечить организму правильный переход к темному времени, максимально вырабатывается в ядрах гипоталамуса и затем начинает исполнять свою главную роль — обеспечивает перестройку биоритмов и включает иммунную систему [7].

Таким образом, мелатонин представляет собой гормон, обладающий уникальными адаптивными возможностями. Нарушение его продукции, как количественно, так и ритма, является пусковым механизмом, приводящим на начальных этапах к возникновению десинхроза, за которым следует возникновение органической патологии.

Световое воздействие на организм человека во время работы. Открытие электрического освещения повлияло на внутренние биоритмы человека, сложившиеся под влиянием природных факторов. Последние исследования направлены, на то, как с помощью искусственного освещения улучшить самочувствие и мотивацию работающих, в том числе в условиях сменной работы.

Для обеспечения высокого качества освещения важным критерием является возраст работников, с повышением которого растут и требования к освещению, поскольку зрительная работоспособность зависит и от собственных «зрительных возможностей» [13,14].

Промышленное освещение используется для обширного числа зрительных работ и интерьеров в маленьких мастерских и громадных заводских цехах для высокоточной работы и решения масштабных производственных задач. В промышленности бодрость имеет первостепенное значение, так как является не только фактором настроения, но и работоспособности и предотвращения несчастных случаев. Существует ряд исследований [15-17], которые показывают, что использование более высоких уровней освещенности для того, чтобы справиться с усталостью, дают возможность оставаться бодрыми дольше. Это доказывает, что яркий свет оказывает воздействие на бодрствование через центральную нервную систему.

В металлургической промышленности уровень освещенности должен быть увеличен от 300 до 2000 лк [13]. При таких уровнях освещенности возникают биологические эффекты без оптического изображения (БОИ-эффекты). При этом наблюдается повышение зрительной работоспособности на 16%, снижение брака на 29%, а количество несчастных случаев уменьшается на 52% - все это приводит к росту производительности труда более чем на 20%.

Недавнее открытие БОИ-эффектов окулярного света позволило разработать новые концепции и опции освещения для работы днем, вечером и ночью [18]. Концептуальный алгоритм построен на использовании повышенных уровней освещенности в определенный момент времени, а также изменении цветовой температуры источников света. Такое решение освещения приводит к выигрышным условиям для служащего и нанимателя, так как это улучшает самочувствие с одной стороны, и повышает производительность труда с другой стороны.

Требованиями существующих стандартов или рекомендаций определены уровни освещенности помещения офиса при отсутствии естественного света в пределах 100-

500 лк. Новые исследования показали, что люди предпочитают высокие уровни дополнительного искусственного освещения в помещении офиса в среднем около 800 лк при преобладающем дневном освещении [19].

По мнению специалистов [20], все еще нет общей модели, которая могла бы указать, каким образом имеющееся изобилие явлений, механизмов и понятий можно собрать и систематизировать в практическом руководстве для проектировщика светотехника. Наряду с этими существуют публикации, в которых авторы подтверждают необходимость пересмотра существующих норм и правил проектирования осветительных установок разного назначения [21,22].

Состояние нормирования и возможные пути развития с учетом новых воззрений. В основе существующих стандартов, как отечественных, так и международных лежит требование комфортного выполнения зрительной задачи для достижения хорошего зрительного восприятия.

Нормы освещения периодически пересматриваются с учетом экономических, энергетических и технических возможностей общества в сторону оптимизации условий освещения. Область исследований воздействия света на циркадную систему очень важна для понимания того, как создавать оптимальное внутреннее освещение.

В мире уже предприняты первые шаги разрешения актуальных задач в области освещения.

В Австралии с 2005 года запрещено использование люминесцентных ламп с индексом цветопередачи $R_a < 80$. Это решение открыло дорогу лампам с энергетическим индексом «Группа А», не только более энергоэкономичным, но и имеющим более высокую стабильность цветности в процессе срока службы [7].

В новых Европейских нормах DIN EN № 12464-1 [23] рассмотрены условия, соответствующие различным зрительным задачам; а также учитывается эффект циркадного воздействия и, одновременно, хозяйственные экономические аспекты. В п. 4.6.2 записано: «Лампы с $R_a < 80$ в помещениях с длительной работой или пребыванием людей не должны применяться. Исключение возможно для конкретных условий или работ (например, в высоких помещениях), однако при этом должны быть приняты соответствующие меры, обеспечивающие высокую цветопередачу на постоянных рабочих местах и в случаях, когда цвета должны безошибочно различаться по соображениям безопасности».

Необходимо дальнейшее развитие концепции качества освещения. При разработке рекомендаций необходимо расширить набор критериев, предъявляемых к осветительным установкам, как это сделано в руководстве IESNA по нормированию, где содержится указание для проектировщиков, рассматривающее относительную важность данной зоны в данном окружении и таких критериев, как яркость поверхностей в данном помещении, геометрия расположения глаза по отношению к источнику света, наличие блеска, цветопередача, наличие цвета, блескость [24]. Показана необходимость разработки простого способа количественной оценки света, попадающего в глаз наблюдателя, а также программного обеспечения для расчета этой величины, с дальнейшим формированием нового критерия при создании норм освещения.

Чувствительность третьего типа фоторецепторов сетчатки к коротковолновым спектрам излучения ассоциируется с особенностями спектра естественного света в дневные и в вечерние часы, с обусловленной ими врожденной динамикой активности человека в разные периоды светового дня [25]. В нормах России регламентируется требование достаточного естественного освещения в помещениях с длительным пребыванием людей, особенно для детей и для больных [26,27]. По мнению российских ученых, перед исследователями стоит задача оценки чувствительности новых рецепторов к тем излучениям, которые присутствуют в спектре естественного света, но отсутствуют в

спектрах излучения наиболее распространенных искусственных источников света. В этой связи может возникнуть необходимость повышения требований к максимальному использованию естественного освещения при совершенствовании норм и развития сопутствующих им строительных и архитектурных решений.

Результаты исследований [28] привели к выводу о большей чувствительности или большей плотности нового типа фоторецепторов в нижней части сетчатки, поскольку, свет, падающий на глаз сверху и достигающий нижней части сетчатки воздействует сильнее чем свет, падающий снизу. Максимальная чувствительность или большая концентрация рецепторов в нижней части сетчатки объясняет особую биологическую ценность света, поступающего сверху, как это имеет место при пребывании под открытым небом. Поэтому для искусственного освещения важны условия, создаваемые светильниками общего освещения. При совершенствовании норм с учетом новых открытий, возможно повышение биологического воздействия света путем повышения интенсивности светового потока от светильников общего освещения и использования в них ламп с достаточным излучением в коротковолновой области спектра видимого света [25].

В 2004г. компания OSRAM впервые представила новую 4-полосную ЛЛ Т8 с увеличенной долей излучения в синей области спектра $\Delta\lambda = 410 - 460$ нм. Эта лампа получила название Lumilux Skywhite. Основные характеристики новых ламп: мощность - 58 Вт, световой поток >4650 Лм, цветовая температура – 8000 К, индекс цветопередачи > 80 , ЦЭФ=1,0. Лампы данного типа улучшают контрастность и уменьшают зрительное утомление, способствуют улучшению умственной и физической деятельности. Рекомендуется применение новых ламп на рабочих местах с низким уровнем естественной освещенности или при ее отсутствии [7].

Результатом многолетних исследований, по мнению Г.К. Брейнарда и И.Провенсио должна стать разработка новой системы световых измерений, основанная на открытии меланопсиносодержащих светочувствительных клеток вместе с новыми спектрами действия для восприятия света циркадной системой [29]. В конечном счете, считают ученые, должна быть разработана новая система световых измерений, учитывающая, что свет служит регулятором циркадной и эндокринной систем и вызывает нейроповеденческие реакции. Такая фотометрическая система должна основываться на понимании физиологии новых фоторецепторов и их специфической спектральной чувствительности. До тех пор, пока эта задача не решена, свет, с точки зрения циркадного эффекта, следует количественно оценивать в единицах облученности или плотности потока фотонов с четким определением спектрального распределения энергии излучения источников света.

Профессор Д. Галл [30] предложил ввести эффективные циркадные величины аналогично световым, т.е. построить циркадную метрию - циркадометрию и разработать методы измерений для оценки светотехнических систем.

В работе [31] мы говорили о связи циркадных эффективных характеристик излучения и световых величин, что можно записать следующим образом:

$$\frac{X_{ec}}{X_v} = \frac{k}{k_m} \frac{\int X_{e\lambda} c(\lambda) d\lambda}{\int X_{e\lambda} v(\lambda) d\lambda} \quad .$$

Отношение интегралов циркадных и фотометрических функций называется коэффициентом циркадной эффективности a_{cv} :

$$a_{cv} = \frac{\int X_{e\lambda} c(\lambda) d\lambda}{\int X_{e\lambda} v(\lambda) d\lambda} \quad .$$

Тогда, между циркадными и световыми характеристиками существует следующее соотношение:

$$X_{ec} = \frac{a_{cv}}{k_m} X_v.$$

Поэтому одни величины легко могут быть переведены в другие.

Коэффициент циркадной эффективности можно измерить спектрометрическими и детекторами, скорректированными к функции $s(\lambda)$. Уже имеются первые результаты таких измерений. Немецкие ученые провели измерения с использованием цифровой камеры ROLLEI, спектральная чувствительность которой подобна функции циркадной эффективности $s(\lambda)$, и измерительной камеры LMK color, снабженной специальным корректирующим фильтром. Эти устройства позволяют проводить измерения a_{cv} с пространственным разрешением. Исследования проводились в реальной рабочей обстановке (в офисах и промышленных помещениях). Полученные результаты измерений a_{cv} находятся в области между 0,35 и 0,45, уровни облученности, оказывающие циркадное воздействие, составляют от 0,06 Вт/м² до 0,24 Вт/м².

Таким образом, для создания оптимальных светотехнических систем существенно измерение и расчет коэффициента циркадной эффективности ламп, светильников, осветительных установок.

Выводы

Анализ публикаций и литературных данных по теме биологического воздействия видимого света на организм человека, обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований позволили сделать следующие выводы:

1. Помимо формирования зрительных образов свет оказывает биологическое воздействие на человека и его здоровье. Нормируемые характеристики световой среды при искусственном освещении не соответствуют реальным биологическим потребностям человеческого организма. Видимый свет является эффективным регулятором биологических ритмов, а также терапевтическим фактором.
2. Спектральная чувствительность нового типа фоторецепторов, до конца не изученная, показывает, что наиболее эффективно воздействие излучения в диапазоне 410-460 нм.
3. Действие видимого света зависит от уровня освещенности, спектральной чувствительности, продолжительности и времени суток. Для световой адаптации важно обеспечить не только уровень освещенности, но и цвет. Увеличение уровней освещенности в определенный момент времени, а также изменение цветовой температуры, особенно в ночные смены, приводит к увеличению производительности труда. Отмечено, что высокие уровни освещенности на поверхностях внутри помещений или на предметах, которые редко попадают в поле зрения, не оказывают значительного биологического воздействия, а важно количество света, попадающего непосредственно в глаз наблюдателя.
4. Создание осветительных установок с учетом новых знаний физиологии и фотобиологии должно стать важным шагом в реализации идеи качественного освещения рабочих мест. Разработка новых норм и правил проектирования качественных осветительных установок должна опираться на исследования биологических эффектов видимого света.
5. Необходимо создание соответствующей системы единиц, описывающей биологическое действие, характеризующей интенсивность воздействия, его длительность, а также устойчивость циркадных ритмов и синхронизацию

структур головного мозга.

6. Показана целесообразность разработки способа количественной оценки незрительного воздействия света, попадающего на глаз наблюдателя, что станет новым критерием при создании норм освещения.
7. Применение измерительных средств, содержащих приемники излучения с чувствительностью, близкой к функции циркадной эффективности позволит измерять циркадные характеристики в поле зрения.
8. Для обработки результатов измерений и расчета циркадных величин, в том числе и коэффициента циркадной эффективности требуется разработка специального программного обеспечения.
9. Важно проведение измерений световых и циркадных величин с помощью одного универсального устройства, что заметно упрощает процесс исследования. Полученные данные в дальнейшем позволят определить такие параметры эффективности воздействия как интенсивность излучения и его длительность, а значит рассчитать необходимые и допустимые световые дозы.

Литература

1. Потапенко А.Я. Действие света на человека и животных/Соровский образовательный журнал, 1996, №10.
2. Berson D.M., Dunn F.A., Motosharu Takao. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science. February 8, 2002.
3. Brainard G.C. «Photoreception for regulation of melatonin and the circadian systems in humans», Fifth International LRO lighting research symposium. Orlando. 2002.
4. Ван Ден Бельд Г. Свет и здоровье/Светотехника, 2003, №1, С. 4-8.
5. А.В. Леонидов. О влиянии синхронизации организма человека световыми воздействиями/Светотехника, 2006, №4, С. 17-23.
6. ДБН В.2.5-28-2006. Естественное и искусственное освещение. Гос. строительные нормы Украины, 2006.
7. Р. Вайтцель, Р.А. Ваккер, Ш. Мюллер, В. Хальтбритер. О влиянии света на человека с учетом новых воззрений (взгляд изготовителей ламп)/Светотехника, 2005, №5, С. 12-15.
8. Воронин И.М., Шутова С.В. Терапия ярким светом при нарушениях сна и депрессивных состояниях. Тезисы докладов V Всероссийской конференции. Актуальные проблемы сомнологии, Москва, 2006.
9. С.Д. Захаров, А.В. Иванов. Светоокислородный эффект – физический механизм активации биосистем квазимонохроматическим излучением. Физический институт им. П.Н. Лебедева, ФИАН (РАН). М.: 2006.
10. Кони́на С.З., Шилгаліс В.Ф., Подвальнюк Н.Л. Современные методы диагностики и лечения в интегративной медицине// Інформаційна та негентропійна терапія. – 2001- № 1.- С. 758.
11. Ричард Гербер. Вибрационная медицина.- М.: София, Гелиос, 2001. – 592 с.
12. Падченко С.И. Информационные механизмы регуляции функционального состояния человека// Інформаційна та негентропійна терапія. – 2003- № 1.- С. 825.
13. В. Ван Боммель, Г. Ван Ден Бельд, М. Ван Ойжен. Промышленное освещение и производительность труда/Светотехника, 2003, №1, С. 8-12.
14. Н. Миллер. Влияние освещения на самочувствие людей пожилого возраста/Светотехника, 2007, №1, С. 24-26.
15. Daurat A. et al. Bright light affects alertness and performance rhythms during a 24-hour constant routine. Physics and behavior, (1993).
16. Crunberger J. et al. The effects of biologically active light on the noo-and thymopsyche on psychophysiological variables in healthy volunteers. Int. J. of Psychophysiology, (1993).
17. Tops M. et al. The effect of the length of continuous presence on the preferred illuminances in offices. Proceedings CIBSE Conference, (1998).
18. Г. Ван Бельд. Освещение и самочувствие человека/Светотехника, 2004, №6, С. 11-14.
19. Begemann S.H.A. et al. Daylight, artificial light and people in an office environment, overview if visual and biological responses. International Journal of Industrial Ergonomics 20 (1997), 231-239.
20. Л.Р. Ронки. Зрительный баланс как одна из компонент пространственного восприятия/Светотехника, 2003, №3, С. 25-29.

21. Л.Р. Ронки. Зрение и освещение. Начало XXI века/Светотехника, 2001, №6, С. 6-10.
22. П. Дехофф. Воздействие изменяющегося света на здоровье людей во время работы/Светотехника, 2006, №3, С. 54-57.
23. DIN EN 12464-1 Licht und Beleuchtung-Beleuchtung von Arbeitsstätten-Teil 1: Arbeitsstätte in Zunenräumen. März 2003.
24. Д.Вейч. Свет, освещение и здоровье – вопросы для рассмотрения/Светотехника, 2005, №6, С. 28-33.
25. З.А. Скобарева. О биологических аспектах освещения/Светотехника, 2006, №1, С. 52-53.
26. СНИП 23.05.95*. Естественное и искусственное освещение. М.: Госстрой России. 2004. 54с.
27. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. М.: Минздрав России. 2003. 38с.
28. Glickman, G., Hanifin, J.P., Rollag, M.D., Wang, J., Cooper, H., Brainard, G.C. «Inferior retinal light exposure is more effective than superior retinal exposure in suppressing melatonin in humans», Journal of Biological rhythms, 2003.
29. Г.К. Брейнард, И. Провенсио. Восприятие света как стимула незрительных реакций человека/Светотехника, 2008, №1, С. 6-12.
30. Gall D. Circadiane Lichtgrößen und deren meßtechnische Erfassung, Licht 7-8, 2002, 860-871.
31. Л.А. Назаренко, К.И. Иоффе, Е.П. Тимофеев. Оценка биологического действия света/Светотехника и электроэнергетика, №3-4, 2007.

БІОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ВИДИМОГО СВІТЛА НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

К.І. Іоффе

Проведено аналіз публікацій і літературних даних по темі біологічного впливу видимого світла на організм людини, узагальнення результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

BIOLOGICAL INFLUENCE OF THE VISIBLE LIGHT ON MANS ORGANISM

K.I. Ioffe

The analysis publication and literary given on subject of the biological influence of the visible light on mans organism are organized, results theoretical and experimental studies have been generalized.